

Elaboración de una barra de cacao (*Theobroma cacao*) naturalmente endulzada y su efecto hipoglucemiante

Edith Fane Jalixto Checya^{1a}, Luz Estefany Uscamayta Espinoza^{1b}, Carla del Carpio Jiménez^{2c}
& Roger Giancarlo Gutierrez Chavez^{3d*}

¹ Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú, CP 08001

² Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú, CP 08001

³ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Continental, Sector Angostura km. 10, San Jerónimo, Cusco, Perú, CP 08000

Correos electrónicos: ^a 122354@unsaac.edu.pe, ^b 141216@unsaac.edu.pe,

^c delcarpiojc_daqlf@unsaac.edu.pe, ^d rgutierrezc@continental.edu.pe

ORCID IDs: ^a <https://orcid.org/0009-0002-3686-1817>, ^b <https://orcid.org/0009-0006-1940-3012>,

^c <https://orcid.org/0000-0001-7487-354X>, ^d <https://orcid.org/0000-0002-1672-9117>

*Autor para correspondencia

Recibido: 28 de noviembre de 2024

Corregido: 15 de abril de 2025

Aceptado: 20 de abril de 2025

<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v54n2.117770>

RESUMEN

Introducción: El cacao (*Theobroma cacao*), contiene abundantes flavonoides que son responsables de la reducción del estrés oxidativo. Las barras de chocolate con una mezcla de cacao superior al 45% son buenas para la salud humana debido a su alto contenido de antioxidantes. El uso de modelos que estudian el efecto del aumento de la concentración de glucosa en sangre ha permitido establecer que los procesos oxidativos están involucrados en la patogénesis, complicaciones y mal pronóstico de la *diabetes mellitus*. Se ha entendido que, la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno debido al aumento de la actividad de la cadena transportadora de electrones, la vía del sorbitol, la autooxidación de la glucosa, la glicación de proteínas y la reducción de las defensas antioxidantes, generan un estado prooxidante que causa daño oxidativo a ácidos nucleicos, proteínas, carbohidratos y lípidos, contribuyendo al desarrollo de la diabetes. **Objetivo:** Evaluar el efecto hipoglucemiante de barras de chocolate elaboradas con cacao (*Theobroma cacao*) endulzadas con diferentes edulcorantes naturales en un modelo de ratas diabéticas. **Métodos:** Se elaboraron barras de cacao usando dos concentraciones; 50% y 85% endulzadas con algarrobina y yacón. Estas barras fueron evaluadas organoléptica y microbiológicamente. Se indujo diabetes experimental en ratas inyectando aloxano monohidratado (100 mg/kg) por vía intraperitoneal y se evaluó su efecto hipoglucemiante. **Resultados:** Las barras de cacao elaboradas al 50% y 85% demostraron buenas características organolépticas e inocuidad microbiológica. Se evidenció mayor efecto hipoglucemiante con las barras de cacao de mayor concentración. **Conclusiones:** Se ha podido evidenciar un efecto hipoglucemiante en las ratas tratadas con las barras de cacao al 85% endulzadas con algarrobina.

Palabras clave: diabetes; hipoglucemiante; hiperglicemia; edulcorante natural; cacao.

SUMMARY

Preparation of a cocoa bar (*Theobroma cacao*) naturally sweetened with a hypoglycemic effect

Introduction: Cocoa (*Theobroma cacao*) contains abundant flavonoids responsible for reducing oxidative stress. Chocolate bars with a cocoa mix of more than 45% are good for human health due to their high antioxidant content. Using models studying the effect of increased blood glucose concentration has established that oxidative processes are involved in the pathogenesis, complications, and poor prognosis of *diabetes mellitus*. It has been understood that the overproduction of reactive oxygen species due to increased activity of the electron transport chain, the sorbitol pathway, autoxidation of glucose, glycation of proteins, and reduction of antioxidant defenses generate a pro-oxidant state that causes oxidative damage to nucleic acids, proteins, carbohydrates, and lipids, contributing to the development of diabetes. **Objective:** To evaluate the hypoglycemic effect of chocolate bars made with cocoa (*Theobroma cacao*) sweetened with different natural sweeteners in a diabetic rat model. **Methods:** Cocoa bars were elaborated using 50% and 85% concentrations, sweetened with algarrobin and yacon. These bars were evaluated organoleptically and microbiologically. Experimental diabetes was induced in rats by injecting alloxan monohydrate (100 mg/kg) intraperitoneally, and the hypoglycemic effect was assessed. **Results:** Cocoa bars prepared at 50% and 85% showed good organoleptic characteristics and microbiological safety. A more significant hypoglycemic effect was evidenced with the cocoa bars of higher concentration. **Conclusions:** A hypoglycemic effect was evidenced in rats treated with the 85% cocoa bars sweetened with algarrobin.

Keywords: diabetes; hypoglycemic; hyperglycemia; natural sweetener; cocoa.

RESUMO

Produção de uma barra de cacau naturalmente adoçada (*Theobroma cacao*) e seu efeito hipoglicemiante

Introdução: O cacau (*Theobroma cacao*) contém abundantes flavonoides que são responsáveis por reduzir o estresse oxidativo. Barras de chocolate com teor de cacau superior a 45% são boas para a saúde humana devido ao seu alto teor de antioxidantes. A utilização de modelos que estudam o efeito do aumento da concentração de glicose no sangue estabeleceu que processos oxidativos estão envolvidos na patogênese, complicações e mau prognóstico do diabetes mellitus. Entende-se que a superprodução de espécies reativas de oxigênio devido ao aumento da atividade da cadeia de transporte de elétrons, da via do sorbitol, da autooxidação da glicose, da glicação de proteínas e da redução das defesas antioxidantes, gera um estado pró-oxidante que causa danos oxidativos aos ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídios, contribuindo para o desenvolvimento do diabetes. **Objetivo:** Avaliar o efeito hipoglicemiante de barras de chocolate feitas com cacau (*Theobroma cacao*) adoçadas com diferentes adoçantes naturais em um modelo de rato diabético. **Métodos:** Barras de cacau foram produzidas utilizando duas concentrações; 50% e 85% adoçados com alfarroba e yacon. Essas barras foram avaliadas organolepticamente e microbiologicamente. O diabetes experimental foi induzido em ratos pela injeção intraperitoneal de monidrato de aloxana (100 mg/kg) e seu efeito hipoglicêmico foi avaliado. **Resultados:** Barras de cacau elaboradas com 50% e 85% apresentaram boas características organolépticas e segurança microbiológica. Um maior efeito hipoglicêmico foi evidente com barras de cacau com maior concentração. **Conclusões:** Foi observado efeito hipoglicemiante em ratos tratados com barras de cacau 85% adoçadas com alfarroba.

Palavras-chave: diabetes; hipoglicêmico; hiperglicemia; adoçante natural; cacau.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, el cacao y los productos a base de cacao, especialmente el chocolate, se han convertido en uno de los alimentos más atractivos [1]. Los granos de cacao contienen componentes químicos importantes como la manteca de cacao, polifenoles (flavonoides), teobromina (en pequeñas cantidades), cafeína, pectina, y ácidos grasos [2]. Estos componentes influyen en el sabor particular del cacao y le otorgan beneficios como hipoglucemiante, con gran potencial en las dietas para los diabéticos [3, 4].

Existen numerosos estudios sobre los efectos saludables de los polifenoles del cacao, y han demostrado que la suplementación con extracto de cacao a ratas diabéticas obesas produce a corto plazo el control de la glucosa postprandial reduciendo la oxidación plasmática debido a sus polifenoles y metilxantinas [5]. Asimismo, los flavonoides como la epicatequina reducen los niveles de glucosa y triglicéridos posprandiales en sangre, disminuyen el estrés oxidativo, mejoran el equilibrio de la glucemia disminuyendo la absorción intestinal y la digestión de los carbohidratos [6].

La *diabetes mellitus*, es un grave trastorno metabólico crónico que se caracteriza por una hiperglucemia resultante de una deficiencia en la secreción de insulina y/o disminución de la reacción de los órganos a la insulina. Además de la dieta y el estilo de vida, el control y la prevención de la hiperglucemia son enfoques primarios en la gestión de la *diabetes mellitus* [7]. Según Sheehan (2003) [8], los agentes que pueden contribuir a mejorar el control glucémico funcionan como secretagogos de insulina (aumentan la secreción de insulina), como sensibilizadores de insulina (aumentan la acción de la insulina) o como inhibidores de la absorción de glucosa (disminuyen la necesidad de insulina). Últimamente se extraen cada vez más compuestos naturales de origen animal y vegetal con propiedades antidiabéticas [9-13]. Se sabe que los granos de cacao son una fuente rica de polifenoles, especialmente (-)-epicatequina [14, 15], en un estudio anterior se demostró que una dieta con extractos ricos en polifenoles de cacao reducía los niveles de glucosa y los perfiles lipídicos en ratas diabéticas inducidas por estreptozotocina (STZ) [16]. Con esta investigación se pretende proporcionar una nueva alternativa alimentaria apetecible y sana para la población en general, y especialmente para los diabéticos, a base del fruto del cacao (*Theobroma cacao*), adicionado de edulcorantes naturales como el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y la algarrobina, endulzantes con múltiples propiedades beneficiosas para la salud entre ellos efectos hipoglucemiantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Obtención de la muestra

Aproximadamente 20 kilogramos de granos de cacao chuncho (*Theobroma cacao*) fueron obtenidos del distrito de Echarate ubicado a 1162 m.s.n.m., en la provincia de la Convención, región del Cusco (Figura 1a y 1b).



Figura 1. (a) Árbol de cacao con mazorcas maduras; (b) Mazorca de cacao con semillas; (c) Secado de granos de cacao.

2.2. Obtención de la pasta de cacao

Luego de inspeccionar los frutos para establecer la madurez de la pulpa y su aspecto, se procedió a despulpar y extraer los granos de cacao. Se colocaron en bandejas para el secado (Figura 1c). Al cabo de aproximadamente 5 días, los granos de cacao se tostaron a fuego lento durante 15 a 20 minutos (Figura 2a). Se quitaron las cáscaras y se molieron obteniéndose la pasta de cacao (Figura 2b).

2.3. Formulación de las barras de cacao

Las barras de cacao fueron formuladas usando dos concentraciones de pasta de cacao 50% y 85% y se endulzaron con yacón y algarrobina. Se obtuvieron barras de 30 gramos (Figura 2c). En la Tabla 1 se detallan los componentes de las barras de cacao:

Tabla 1. Composición de las barras de cacao

Componentes	Porcentaje	Función
Pasta de cacao	50% y 85%	Ingrediente activo
Algarrobina y yacón	43% y 10%	Edulcorantes
Lecitina de soya	3.3%	Emulsionante
Stevia	0.2%	Edulcorante secundario
Leche c.s.p	30 g	Saborizante

2.3.1. Procedimiento

Se pesó la pasta de cacao, lecitina de soya, algarrobina o yacón, estevia y leche en polvo, de acuerdo a la formulación mostrada en la Tabla 1.

Se agregó la stevia a la pasta de cacao y se llevó a baño maría, removiendo hasta lograr una consistencia uniforme. En otro recipiente se mezcló la lecitina de soya y los edulcorantes (algarrobina o yacón) según corresponda. Una vez mezclado el edulcorante con la lecitina se agregó removiendo constantemente a la mezcla de cacao y stevia. Se bate y se agrega la leche en polvo previamente disuelta. Se removió hasta lograr una consistencia homogénea. Se colocó en un molde de 30 g y se dejó enfriar hasta su completa solidificación.



Figura 2. (a) Tostado de los granos de cacao; (b) Molienda de los granos tostados de cacao; (c) Barras de cacao de 30 g en moldes.

2.4. Control de calidad de las barras de cacao

Se realizó el control de calidad organoléptico y microbiológico siguiendo los protocolos establecidos.

2.4.1. Control de calidad organoléptico

Las propiedades organolépticas son atributos de calidad de un producto que pueden valorarse mediante un examen organoléptico o análisis sensorial que utiliza los sentidos humanos como herramienta principal para medir la aceptación de un producto [17]. Estas técnicas sensoriales son aplicadas por evaluadores o consumidores formados, con materiales de referencia relacionados con las características del producto objeto de estudio [18]. En ese sentido, el control de calidad organoléptico del chocolate de este estudio se llevó a cabo de acuerdo a los parámetros recomendados por Antonio, catador de chocolates elaborados con el cacao recolectado en la zona de estudio [19].

2.4.2. Control de calidad microbiológico

Siguiendo las normas sanitarias sobre los criterios microbiológicos de calidad sanitaria, por la DIGESA-Perú [20]; donde se establece que para productos de confitería, se debe realizar un análisis microbiológico en el que se determine la presencia de *Escherichia coli* (< 10 UFC/g), *Salmonella sp.* (ausencia/25 g) y mohos ($< 10^3$ UFC/g).

2.5. Determinación del efecto hipoglucemiante de las barras de cacao

2.5.1. Animales

Se obtuvieron ratas macho Holtzman de 170 - 200 g de peso del bioterio del Centro Nacional de Productos Biológicos del Instituto Nacional de Salud. Todas las ratas se mantuvieron en jaulas metálicas en condiciones ambientales estándar de temperatura, humedad relativa y un ciclo de 12 h de oscuridad/12 h de luz. Se les dio libre acceso a una dieta estándar y agua ad libitum. Las ratas se utilizaron para los experimentos tras una semana de aclimatación. Todos los animales fueron cuidados de acuerdo con principios éticos, respetando las pautas para el uso y cuidado de los animales con fines científicos publicados por el Comité Consultivo Nacional para la Investigación con Animales de Laboratorio [21].

2.5.2. Inducción de diabetes experimental en las ratas

Tras una noche de ayuno, se inyectó por vía intravenosa Aloxano monohidratado (100 mg/kg de masa corporal) disuelto en suero fisiológico. El mecanismo de inducción de diabetes del aloxano es provocar la formación de radicales libres especialmente peróxido de hidrógeno

(H₂O₂), oxígeno singlete (O₂) e hidroxilo (OH⁻) que destruyen selectivamente las células β-pancreáticas, causando su necrosis y generando muerte celular [22].

Tres días después de la inyección de Aloxano, se midió el nivel de glucemia en ayunas de las ratas a partir de la punta de la cola y se comprobó el nivel de glucosa plasmática usando un glucómetro digital y los valores obtenidos se expresaron en mg/dL.

2.5.3. Diseño experimental

Los experimentos con los animales se llevaron a cabo tras una semana de inyección de Aloxano. El experimento se realizó con ratas diabéticas y normales que se dividieron en 8 grupos de cinco ratas cada uno (para determinar el número de ratas, se ha tomado en cuenta las recomendaciones del Informe del Consejo de Bioética de Nuffield y las recomendaciones de Russell y Burch conocidas como las 3R) [23], teniendo en cuenta el peso y la hiperglucemia que presentaron [24], como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Grupos experimentales para evaluar el efecto hipoglucemiante

Grupo	Tratamiento	Dosificación
1	Suero fisiológico	2 mL por vía oral*
2	Aloxano	Sin tratamiento*
3	Aloxano + insulina	4 UI/kg en ayunas por vía subcutánea*
4	Aloxano + glibenclamida	5 mg/kg por vía oral en ayunas*
5	Aloxano + cacao 50% + yacón	30 g/70 kg por vía oral en ayunas
6	Aloxano + cacao 85% + yacón	30 g/70 kg por vía oral en ayunas
7	Aloxano + cacao 50% + algarrobina	30 g/70 kg por vía oral en ayunas
8	Aloxano + cacao 85% + algarrobina	30 g/70 kg por vía oral en ayunas

*Suero fisiológico (control positivo); Aloxano (control negativo); Aloxano + insulina (Patrón 1); Aloxano + glibenclamida (Patrón 2).

Se midieron los niveles de glucosa en sangre a las 2 h, 48 h y hasta los 8 días posteriores a la administración de los tratamientos.

2.6. Determinación de la eficacia hipoglucemiante

La eficacia hipoglucemiante se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Eficacia hipoglucemiante} = \frac{\text{Control} - \text{tratamiento}}{\text{Control}} \times 100 \quad \text{Fórmula (1)}$$

2.7. Análisis estadístico

Los resultados finales obtenidos en las fichas de recopilación de información se analizaron con el programa SPSS versión 21. Los datos fueron procesados usando ANOVA y la prueba de Tukey para comprobar si existe similitud o diferencia entre los grupos de experimentación utilizando un nivel de confiabilidad del 95% y un nivel de significancia $p < 0,05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Formulación de las barras de cacao

En la Tabla 3, se muestran las fórmulas de las barras de cacao al 50% y 85% edulcoradas con yacón y algarrobina.

Tabla 3. Fórmulas cuali-cuantitativas de las barras de cacao

Porcentaje de pasta de cacao	Insumo	Cantidad
50%	Pasta de cacao	15,0 g
	Algarrobina o yacón	13,0 g
	Lecitina de soya	1,0 g
	Stevia	0,05 g
	Leche en polvo	0,95 g
85%	Pasta de cacao	25,5 g
	Algarrobina o yacón	3,0 g
	Lecitina de soya	1,0 g
	Stevia	0,05 g
	Leche en polvo	0,45 g

Se formularon dos concentraciones diferentes de chocolate, a 50% y 85% de cacao más un edulcorante natural; teniendo en cuenta que los chocolates con una mezcla de pasta de cacao superior al 45% son buenos para la salud por su altísimo contenido en antioxidantes [25].

3.2. Control de calidad organoléptico de las barras de cacao

El resultado del control de calidad organoléptico de las barras de cacao elaboradas con pasta de cacao a las concentraciones de 85% y 50%, endulzadas con algarrobina y yacón se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la evaluación organoléptica de las barras de cacao

Parámetros	Especificaciones*	Barra de cacao al 85%		Barra de cacao al 50%	
		Algarrobina	Yacón	Algarrobina	Yacón
Olor	Su aroma es intenso y entre sus ingredientes no debe incluir saborizantes.	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Color	Marrón muy oscuro y brillante, uniforme, sin ningún tipo de mácula, burbujas o hendiduras	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Sabor	La acidez debe predominar sobre el amargor y el dulzor	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Textura o consistencia	Firme, al partirse el sonido debe ser seco y quebradizo.	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme

* Blog de Pumatiy- empresa de chocolates [19].

El control de calidad organoléptico de los chocolates a través de parámetros sensoriales es importante no sólo para su caracterización, sino también para garantizar su calidad en el mercado. Esta caracterización debe realizarse teniendo en cuenta la gran diversidad y variación botánica de cada región [26]. Permata e Hidayah (2024) establecieron las propiedades organolépticas de los granos de cacao procedentes de tres localidades, 5 panelistas evaluaron el aroma, sabor, textura y color. Los chocolates elaborados con los granos de cacao recolectados

en las diferentes zonas de producción se distinguieron por su escasa acidez y astringencia, así como por su aroma medio. Esta evaluación demostró que las condiciones de las distintas zonas de producción pueden garantizar una buena calidad organoléptica de los chocolates resultantes [27]. En otro estudio se determinó que, los chocolates producidos con granos de las regiones Transamazónica y Nordeste del Brasil presentaron una fuerte acidez, amargor, astringencia y sabor, características dependientes de la zona de producción de los granos de cacao [28].

3.3. Control de calidad microbiológico de las barras de cacao

El resultado del control de calidad microbiológico de las barras de cacao elaboradas a base de cacao endulzado con algarrobina y yacón se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la evaluación microbiológica de las barras de cacao

Microorganismo	Límites aceptados	Barra de cacao al 85%		Barra de cacao al 50%		Resultado
		Algarrobina	Yacón	Algarrobina	Yacón	
<i>E. coli</i>	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 UFC/g	Conforme
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia /25g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Conforme
Mohos	< 10 ³ UFC/g	< 10 ³ UFC/g	< 10 ³ UFC/g	< 10 ³ UFC/g	< 10 ³ UFC/g	Conforme

El resultado de la evaluación microbiológica mostró la inocuidad de las barras de cacao elaboradas, debido a que se observó que los microorganismos evaluados se encontraban dentro de los límites aceptados por la entidad peruana autorizada.

3.4. Efecto hipoglucemiante de las barras de cacao

En la Tabla 6 se aprecian los valores de glicemia de los diferentes grupos experimentales. El tratamiento tuvo una duración de 8 días.

Tabla 6. Glicemia basal, glicemia post aloxano y glicemia post tratamiento

Grupo	Tratamiento	Nivel de glucosa basal (mg/dL)	Nivel de glucosa post aloxano (mg/dL)	Nivel de glucosa post tratamiento (mg/dL)
1	Suero fisiológico	118,8	114,2 ± 6,18	98 ± 8,72 ^a
2	Aloxano	113,6	347 ± 38,01	205,8 ± 15,22 ^b
3	Aloxano + insulina	114,2	275,6 ± 71,81	132,8 ± 16,27 ^c
4	Aloxano + glibenclamida	118,4	277,6 ± 89,01	157 ± 48,94 ^d
5	Aloxano + cacao 85% + yacón	119,8	259,4 ± 13,79	197,4 ± 12,14 ^e
6	Aloxano + cacao 50% + yacón	123,8	289,8 ± 47,14	202,6 ± 21,62 ^b
7	Aloxano + cacao 85% + algarrobina	108,2	260,2 ± 40,06	137,4 ± 46,04 ^c
8	Aloxano + cacao 50% + algarrobina	117	259,4 ± 29,62	141,2 ± 8,64 ^c

Diferentes letras indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$, según la prueba de Tukey)

Los niveles de glucosa basal y post administración de aloxano son diferentes según los grupos experimentales: Grupo 1: no hay diferencia entre el nivel basal y nivel post aloxano, puesto que este grupo solo recibió suero fisiológico y no se indujo diabetes experimental con aloxano, la glicemia final medida a los 8 días mostró un nivel de glicemia de $98,0 \pm 8,72$ mg/dL. El Grupo 2 presentó una glucosa basal de 113,6 mg/dL y luego de la administración de aloxano mostró una hiperglicemia de $347,0 \pm 38,0$ mg/dL, este grupo al no recibir ningún tratamiento, mostró un nivel de glicemia de $205,8 \pm 15,2$ mg/dL, lo que demuestra que no hubo una disminución del nivel de glicemia significativa al cabo de los 8 días de tratamiento. El Grupo 3 presentó una glucosa basal de 114,2 mg/dL y luego de la administración de aloxano mostró un valor de glicemia de $275,0 \pm 71,8$ mg/dL, luego del tratamiento con insulina se midió un nivel de glicemia de $132,8 \pm 16,3$ mg/dL mostrando una disminución significativa. El Grupo 4 presentó una glucosa basal de 118,4 mg/dL, y una glucosa post aloxano de $277,6 \pm 89,0$ mg/dL y luego de recibir el tratamiento con glibenclamida mostró un nivel de glucosa de $157,0 \pm 48,9$ mg/dL. El Grupo 5 mostró un nivel de glucosa basal de 119,8 mg/dL, y luego de la inyección de aloxano mostró un nivel de glucosa de $259,4 \pm 13,8$, y al cabo de los 8 días de tratamiento con cacao 85% + yacón se obtuvo un nivel de glucosa de $197,4 \pm 12,1$ mg/dL. El Grupo 6 mostró un nivel de glucosa basal de 123,8 mg/dL, un nivel de glucosa post aloxano de $289,8 \pm 47,1$ mg/dL y luego del tratamiento con cacao 50% + yacón durante 8 días mostró un nivel de glucosa de $202,6 \pm 21,6$ mg/dL. El Grupo 7 tuvo un nivel de glucosa basal de 108,2 mg/dL, un nivel de glucosa post aloxano de $260,2 \pm 40,1$ mg/dL y luego de tratamiento con cacao 85% + algarrobina durante 8 días mostró un nivel de glucosa de $137,4 \pm 46,0$ mg/dL. Finalmente, el Grupo 8 mostró un nivel de glucosa basal de 117 mg/dL, un nivel de glucosa post aloxano de $259,4 \pm 29,6$ mg/dL y luego del tratamiento con cacao 50% + algarrobina durante 8 días mostró un nivel de glucosa de $141,2 \pm 8,6$ mg/dL.

Por los resultados antes detallados se puede evidenciar que los grupos 7 y 8 ambos endulzados con algarrobina y con porcentajes de pasta de cacao de 85% y 50% respectivamente presentaron mejor efecto hipoglucemiante. Lo que fue corroborado también por el análisis estadístico, el cual estableció que no hubo diferencias significativas para estos dos grupos y para el grupo tratado con insulina, con el que tuvieron valores de glucosa muy cercanos.

En el estudio desarrollado por Chikezie (2015) en el cual se usó el modelo de diabetes inducida por aloxano en ratas para establecer la actividad hipoglucemiante del extracto etanólico de *Theobroma cacao*, se encontró que las dosis de 100, 200 y 400 mg/kg provocaron un descenso de la glucosa de $258,10 \pm 3,27$ mg/dL a $138,00 \pm 3,27$ mg/dL; $254,58 \pm 2,01$ mg/dL a $118,58 \pm 2,69$ mg/dL y $253,94 \pm 2,13$ mg/dL a $113,50 \pm 3,55$ mg/dL respectivamente, demostrando una significativa reducción de los niveles de glucosa en sangre [29]. El extracto de cacao rico en polifenoles totales obtenido mediante extracción con etanol al 80% a las dosis de 1% y 3% redujo significativamente ($p < 0,05$) los niveles plasmáticos de glucosa en ratas diabéticas [4]. El consumo de cacao se ha asociado con la disminución de los niveles de glucosa en sangre y con la disminución de lípidos como el colesterol total y los triglicéridos (TG), promoviendo la translocación del transportador de glucosa 4 (GLUT4) en tejidos sensibles a la insulina a través de la activación de la adenosinmonofosfato quinasa activada por adenosinmonofosfato (AMPK) que forma parte del mecanismo por el que disminuye la hiperglucemia [30].

Asimismo, el consumo de catequinas se ha asociado con una disminución de la hiperglucemia y la resistencia a la insulina a través de la modulación de citoquinas proinflamatorias como IL-1 β , IL-6 y TNF- α , y la activación de vías de señalización vías que permiten mantener

una función adecuada de la cadena respiratoria mitocondrial, y con ello, proteger las células islotes y mejorar la resistencia a la insulina [31].

3.5. Porcentaje de eficacia hipoglucemiante

En la Tabla 7, se muestra el porcentaje de eficacia calculado para los diferentes grupos de tratamiento.

Tabla 7. Porcentaje de eficacia hipoglucemiante de los diferentes tratamientos

Grupo	Tratamiento	Porcentaje de eficacia
1	Suero fisiológico	--
2	Aloxano	--
3	Aloxano + insulina	35,47 % ^a
4	Aloxano + glibenclamida	23,71 % ^b
5	Aloxano + cacao 85% + yacón	4,08 % ^c
6	Aloxano + cacao 50% + yacón	1,55 % ^d
7	Aloxano + cacao 85% + algarrobina	33,24 % ^a
8	Aloxano + cacao 50% + algarrobina	31,39 % ^a

Diferentes letras indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$, según la prueba de Tukey)

Como se aprecia en la Tabla 7, los grupos 7 y 8, tratados con cacao al 85% y 50% endulzados con algarrobina, presentaron porcentajes del 33,24% y 31,39% respectivamente, ambos muy cercanos al porcentaje de eficacia de la insulina.

Trabajos previos demostraron que la algarrobina presentaba efecto hipoglucemiante [32], lo que explica nuestros resultados, porque al incluirla en la formulación de las barras de cacao aumentaron el efecto hipoglucemiante del cacao.

Las pruebas demuestran que el cacao contribuye a mejorar el perfil cardiometabólico, al reducir la glucemia HbA1c, perfil lipídico, marcadores de inflamación y estrés oxidativo.

Investigaciones previas sugieren que, debido a las características de los principales compuestos bioactivos del cacao, éstos podrían ejercer efectos beneficiosos sobre la *Diabetes mellitus*. Sin embargo, aún no se han realizado ensayos clínicos que respalden el uso del cacao o de alguno de sus compuestos bioactivos para prevenir, tratar o mejorar esta patología [33].

En la Figura 3(a) se observa que el tratamiento con la barra de cacao al 85% endulzada con algarrobina hace que el nivel de glucosa descienda hasta llegar casi al mismo nivel logrado por la insulina a los 8 días. Sin embargo, el tratamiento con la barra de cacao al 85% endulzada con yacón muestra que los niveles de glucosa no descienden significativamente, y a los 8 días de tratamiento están muy cercanos a los niveles del grupo que no recibió tratamiento alguno luego de la inducción con aloxano. En la Figura 3(b) igualmente se observa que el tratamiento con la barra de cacao al 50% endulzada con algarrobina alcanza niveles de glucosa por debajo de 150 mg/dL a los 8 días, en tanto que el tratamiento con la barra de cacao al 50% endulzada con yacón alcanza niveles de glucosa por encima de 200 mg/dL.

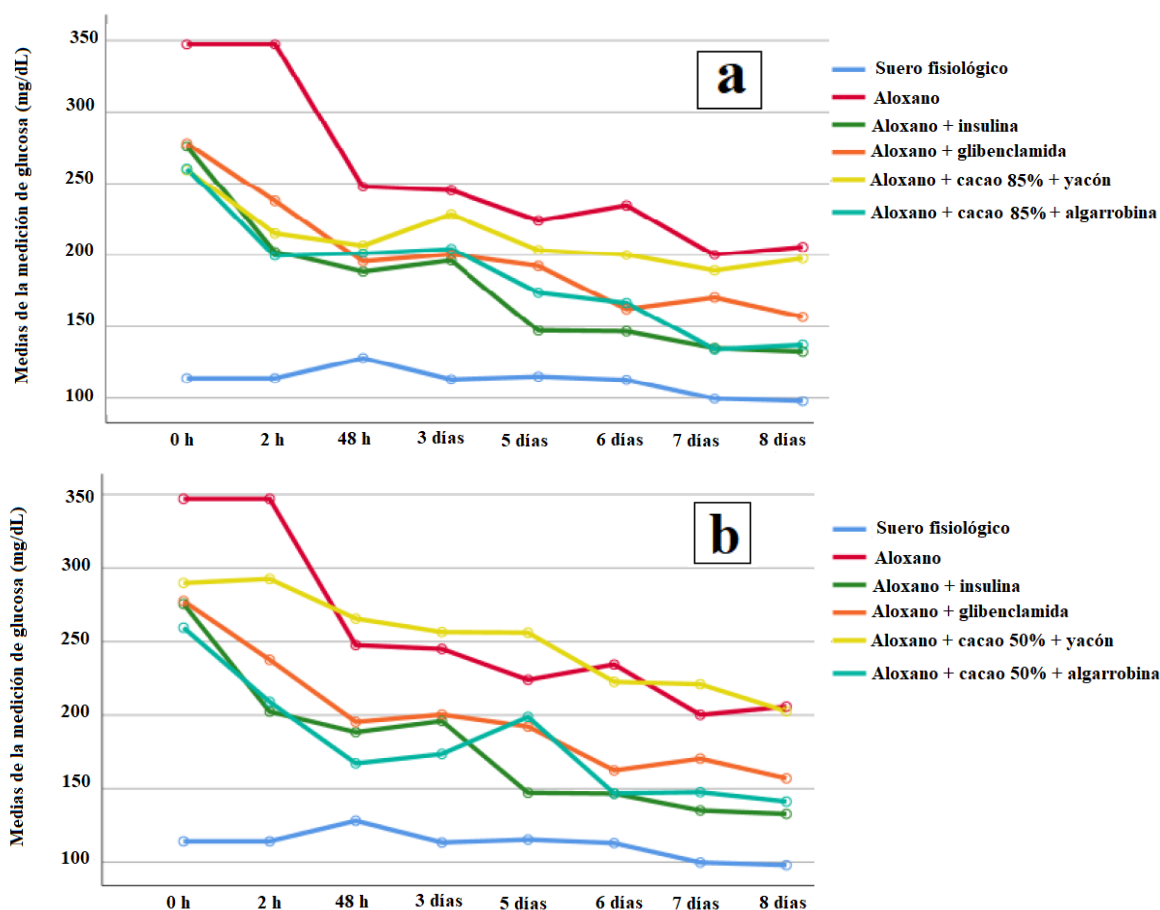


Figura 3. Comparación del efecto hipoglucemiante de las barras de cacao (*Theobroma cacao*) al 85% (a) y al 50% (b) respecto a los edulcorantes yacón y algarrobina y al tiempo de tratamiento.

En la investigación desarrollada por Olooto (2014) se determinó que el extracto acuoso de cacao en polvo mostró una reducción de glucosa plasmática tras su administración oral, resaltando que a la dosis de 300 mg/kg mostró un efecto hipoglucemiante significativo reduciendo los niveles de glucosa a 170 mg/dL a los 120 minutos de administrado el tratamiento [34]. La hipoglucemia observada en las ratas diabéticas inducidas por aloxano podría deberse a la actividad antioxidante de los compuestos polifenólicos presentes en las barras de cacao. Se observaron resultados similares en ratas diabéticas inducidas por estreptozotocina [4, 35]. El efecto hipoglucemiante del cacao en polvo, también puede deberse al tipo o clase de flavonol presente [34]. Asimismo, se ha descrito que el cacao es rico en flavonoles de la clase de las catequinas, que reducen la biodisponibilidad de los carbohidratos de la dieta, ya sea por inhibición de los transportadores intestinales de glucosa o por inhibición de la α -amilasa pancreática reduciendo así la absorción de glucosa, con la consiguiente reducción del nivel de glucosa en sangre [4].

4. CONCLUSIONES

La pasta de cacao (*Theobroma cacao*) formulada demostró tener efecto hipoglucemiante en un modelo experimental de diabetes inducida en ratas por inyección intraperitoneal de una solución de Aloxano monohidratado. Este efecto es dependiente del porcentaje de pasta de cacao y del tipo de edulcorante usado. De esta forma se ha establecido que la concentración de pasta de cacao del 85% en la barra de cacao endulzada con algarrobina logra un mejor efecto

hipoglucemiante comparado con la insulina usada por vía subcutánea. Este efecto podría deberse a los metabolitos secundarios y componentes presentes en los granos de cacao, especialmente los polifenoles, teobromina y otros alcaloides purínicos. Asimismo, la algarrobina podría ser responsable del aumento del efecto hipoglucemiante del cacao en este modelo, existiendo estudios previos que ya le han atribuido propiedades hipoglucemiantes. Esta es una nueva alternativa alimentaria apetecible y sana para la población en general, y especialmente para los pacientes diabéticos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos es factible recomendar el consumo de cacao en individuos con *Diabetes mellitus* ya que se han demostrado efectos beneficiosos sobre las citoquinas proinflamatorias y la glucemia, utilizando dosis que están disponibles en el mercado y que son fácilmente consumibles.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al laboratorio de tecnología farmacéutica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por el apoyo brindado a través del uso de reactivos y equipos.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaramos no tener ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. S.P. Akoa, J.C.D. Kouam, M.L. Ondobo, J.M. Ndjaga, P.F. Djougoue & P.E. Onomo. Identification of methylxanthines and phenolic compounds by UPLC-DAD-ESI-MS OTOF and antioxidant capacities of beans and dark chocolate bars from three Trinitario× Forastero cocoa (*Theobroma cacao* L.) hybrids. *Journal of Food Research*, **10**(2), 32–46 (2021). Doi: <https://doi.org/10.5539/jfr.v10n2p32>
2. C.L. Hii, C.L. Law, S. Suzannah, M. Misnawi & M. Cloke. Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, **2**(4), 702–722 (2009). URL: https://www.researchgate.net/publication/284800915_Polyphenols_in_cocoa_Theobroma_cacao_L
3. D. Ackar, K.V. Lendić, M. Valek, D. Šubarić, B. Miličević, J. Babić & I. Nedić. Cocoa polyphenols: Can we consider cocoa and chocolate as potential functional food? *Journal of Chemistry*, **2013**(1), 289392 (2013). Doi: <https://doi.org/10.1155/2013/289392>
4. A.A. Ruzaidi, I. Maleyki, A.G. Amin, H. Nawalyah, H. Muhajir, M.B.S. Pauliena & M.S. Muskinah. Hypoglycaemic properties of Malaysian cocoa (*Theobroma cacao*) polyphenols-rich extract. *International Food Research Journal*, **15**(3), 305–312 (2011). URL: https://www.researchgate.net/publication/228489998_Hypoglycaemic_Properties_of_Malaysian_Cocoa_Theobroma_Cacao_Polyphenols-Rich_Extract
5. A.M.M. Jalil, A. Ismail, C.P. Pei, M. Hamid & S.H.S. Kamaruddin. Effects of cocoa extract on glucometabolism, oxidative stress, and antioxidant enzymes in obese-diabetic (Ob-db) rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**(17), 7877–7884 (2008). Doi: <https://doi.org/10.1021/jf8015915>
6. I. Cordero-Herrera. *Mecanismos de acción de los flavanoles del cacao en las células hepáticas durante la resistencia a la insulina y la diabetes: estudio en cultivos celulares y animales de experimentación*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 2015; 225 p. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/26445>
7. W.H. Herman & O.B. Crofford. The relationship between diabetic control and complications. En: J. C. Pickup & G. Williams (editores). *Textbook of Diabetes*. Blackwell Scientific, Oxford, 1997; pp. 41.1–41.11.

8. M.T. Sheehan. Current therapeutic options in type 2 diabetes mellitus: A practical approach. *Clinical Medicine and Research*, **1**(3), 189–200 (2003). Doi: <https://doi.org/10.3121/cmr.1.3.189>
 9. D.Y. Kwon, J.W. Daily III, H.J. Kim & S. Park. Antidiabetic effects of fermented soybean products on type 2 diabetes. *Nutrition Research*, **30**(1), 1-13 (2010). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.11.004>
 10. A.M. Gray & P.R. Flatt. Actions of the traditional anti-diabetic plant, *Agrimony eupatoria* (agrimony): effects on hyperglycaemia, cellular glucose metabolism and insulin secretion. *British Journal of Nutrition*, **80**(1), 109–114 (1998). Doi: <https://doi.org/10.1017/s0007114598001834>
 11. J.S. Kim, C.S. Kwon & K.H. Son. Inhibition of alpha-glucosidase and amylase by luteolin, a flavonoid. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **64**(11), 2458–2461 (2000). Doi: <https://doi.org/10.1271/bbb.64.2458>
 12. L. Medeniek & T. Vasiljevic. Underutilised fish as sources of bioactive peptides with potential health benefits. *Food Australia*, **60**(12), 581–588 (2008).
 13. X. Yuan, X. Gu & J. Tang. Optimization of the production of *Momordica charantia* L. var. *abbreviate* Ser. protein hydrolysates with hypoglycemic effect using Alcalase. *Food Chemistry*, **111**(2), 340–344 (2008). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.070>
 14. N. Osakabe, M. Yamagishi, C. Sanbongi, M. Natsume, T. Takizawa & T. Osawa. The antioxidative substances in cacao liquor. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **44**(2), 313–321 (1998). Doi: <https://doi.org/10.3177/jnsv.44.313>
 15. L.J. Porter, Z. Ma, B.G. Chan. Cacao procyanidins: major flavanoids and identification of some minor metabolites. *Phytochemistry*, **30**(5), 1657–1663 (1991). Doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)84228-K](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)84228-K)
 16. A. Ruzaidi, I. Amin, A.G. Nawalyah, M. Hamid & H.A. Faizul. The effect of Malaysian cocoa extract on glucose levels and lipid profiles in diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, **98**(1-2), 55-60 (2005). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.12.018>
 17. S. Dhingra & S. Jood. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chemistry*, **77**(4), 479–488 (2002). Doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00387-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00387-9)
 18. H. Stone & J.L. Sidel. Introduction to sensory evaluation. *Sensory evaluation practices*, Academic Press, Cambridge (MA), 2004; pp. 1–19. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672690-9.X5000-8>
 19. J. Puma-Champi. Pumaty. URL: <https://chocolateriapumatiy.com/5-caracteristicas-del-buen-chocolate/>, consultado en mayo de 2023.
 20. República del Perú, Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental e Ingeniuidad Alimentaria (Didesa). Norma sanitaria que establece los criterios microbiologicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. URL: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/actz_615_2003.htm, consultado en abril de 2023.
 21. B. Tan. *Guidelines on the care and use of animals for scientific purposes*. 2nd ed. National Advisory Committee for Laboratory Animal Research, Singapore, 2022; 156 p. URL: [https://www.nparks.gov.sg/-/media/naclar-guidelines-\(second-edition\)_v2.ashx](https://www.nparks.gov.sg/-/media/naclar-guidelines-(second-edition)_v2.ashx)
 22. S. Lenzen. The mechanisms of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia*, **51**(2), 216–226 (2008). Doi: <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0886-7>
 23. Nuffield Council on Bioethics. *The ethics of research involving animals*. The Nuffield Council on Bioethics, London. URL: <http://www.nuffieldbioethics.org/>, consultado en abril 2025
 24. B. Kameswara Rao, M. Kesavulu, R. Giri & Ch. Apparao. Antidiabetic and hypolipidemic effect of *Momordica cymbalaria* Hook fruit powder in aloxan diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, **67**(1), 103–109 (1996). Doi: [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(99\)00004-5](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(99)00004-5)
 25. W. Margono, M.A. Masuku, N. Albaar & S. Tjokrodiningrat. The effect of cocoa paste percentage of fermented cocoa beans on the sensory characteristic of chocolate bars. Proceedings of the 5th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources (FANRes 2019), 277–280 (2020). Doi: <https://doi.org/10.2991/aer.k.200325.055>
 26. L.R. Vieira, P. Efraim, D.V. Walle, N. Clercq & K. Dewettinck. Influence of Brazilian geographic region and organic agriculture on the composition and crystallization properties of cocoa butter.
-

- Journal of the American Oil Chemists' Society*, **92**(11-12), 1579–1592 (2015). Doi: <http://doi.org/10.1007/s11746-015-2728-y>
27. A. Permata & N. Hidayah. Analysis of the effect of fermentation duration on the organoleptic properties of dried cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) at Nglanggeran Agricultural Technology Park. *Journal of Halal Science and Research*, **5**(2), 182–190 (2024). Doi: <http://doi.org/10.12928/jhsr.v5i2.9957>
 28. R.M. dos Santos, N.M.d.J. Silva, F.G. Moura, L.d.F.H. Lourenço, J.N.S.d. Souza & C.L. Sousa de Lima. Analysis of the sensory profile and physical and physicochemical characteristics of amazonian cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans produced in different regions. *Foods*, **13**(14), 2171 (2024). Doi: <https://doi.org/10.3390/foods13142171>
 29. P.C. Chikezie. Short-term capacities of ethanolic *Theobroma cacao* bean extract to ameliorate oxidative stress, hyperglycemia and dyslipidemia in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of Investigational Biochemistry*, **4**(1), 23–29 (2015). URL: https://www.researchgate.net/publication/276430921_Short-Term_Capacities_of_Ethanolic_Theobroma_Cacao_Bean_Extract_to_Ameliorate_Oxidative_Stress_Hyperglycemia_and_Dyslipidemia_in_Alloxan-Induced_Diabetic_Rats
 30. M.E. Jaramillo-Flores. Cocoa flavanols: natural agents with attenuating effects on metabolic syndrome risk factors. *Nutrients*, **11**(4), 751 (2019). Doi: <https://doi.org/10.3390/nu11040751>
 31. L. Bai, X. Li, L. He, Y. Zheng, H. Lu, J. Li, *et al.* Antidiabetic potential of flavonoids from traditional Chinese medicine: A review. *The American Journal of Chinese Medicine*, **47**(5), 933–957 (2019). Doi: <https://doi.org/10.1142/S0192415X19500496>
 32. J.S. Luzón-Atarama. Índice glicémico de la algarrobina y harina derivados de la vaina del *Prosopis pallida* (algarrobo) en ratas. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2021; 52 p. URL: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/68b15587-b5fe-43ef-88c0-126ec02ca628/content>
 33. R. Kababie-Ameo, G.M. Rabadán-Chávez, N. Vázquez-Manjarrez & G. Gutiérrez-Salmeán. Potential applications of cocoa (*Theobroma cacao*) on diabetic neuropathy: mini review. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, **27**(2), 57 (2022). Doi: <https://doi.org/10.31083/j.fbl2702057>
 34. W.E. Olooto, O.A. Ogundahunsi, T.A. Banjo, B.A. Salau, A.A. Amballi, E.O. Ajani & O.A. Onakomaya. Hypoglycemic and modifying effect of aqueous cocoa powder extract on diabetic-induced histologic changes in the pancreas of alloxan diabetic rats. *Annals of Biological Sciences*, **2**(1), 10–18 (2014). URL: https://www.researchgate.net/publication/273322266_Hypoglycemic_and_modifying_effect_of_aqueous_cocoa_powder_extract_on_diabetic-induced_histologic_changes_in_the_pancreas_of_alloxan_diabetic_rats
 35. I. Amin, H.A. Faizul & R. Azli. Effect of cocoa powder extract on plasma glucose levels in hyperglycaemic rats. *Nutrition & Food Science*, **34**(3), 116–121 (2004). Doi: <https://doi.org/10.1108/00346650410536737>

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

E.F. Jalixto-Checya, L.E. Uscamayta-Espinoza, C. del Carpio-Jiménez & R.G. Gutierrez-Chavez. Elaboración de una barra de cacao (*Theobroma cacao*) naturalmente endulzada y su efecto hipoglucemiante. *Rev. Colomb. Cienc. Quim. Farm.*, **54**(2), 428–441 (2025). Doi: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v54n2.117770>